

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-247846

(43)Date of publication of application : 27.09.1996

(51)Int.Cl.

G01J 3/28

B64G 1/66

G02B 5/04

G02B 5/20

(21)Application number : 07-047176 (71)Applicant : NATL SPACE DEV

AGENCY

JAPAN<NASDA>

NIKON CORP

MITSUBISHI ELECTRIC

CORP

(22)Date of filing : 07.03.1995 (72)Inventor : TANGE YOSHIO

MIYAJI YUJI

INOUE KOICHI

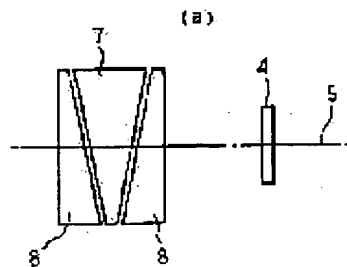
NAMIKAWA TOSHIYUKI

SHIBUYA MASATO

SHINDO OSAMU

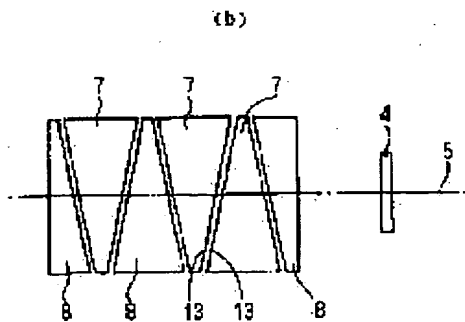
KADOWAKI TAKASHI

(54) OPTICAL DEVICE



(57) Abstract:

PURPOSE: To reduce a flare light in an optical device for loading in an artificial satellite.



CONSTITUTION: In an optical observation device in which plural spectral filters are provided between an image forming optical system and an image sensor to detect the

image formed by the image forming optical system, those spectral filters are made in wedge form spectral filters 7, and plural wedge glasses 8 are provided

between the wedge form spectral filters 7, so as to function as a parallel plane plate as the whole by combining with the wedge form spectral filters 7.

Consequently, a flare light can be reduced while the influence given to the optical function is limited to the minimum level.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.08.2000

[Date of sending the examiner's 03.06.2003

decision of rejection]

[Kind of final disposal of application

other than the examiner's decision of

rejection or application converted

registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of requesting appeal against

examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Between the image sensors which detect the image formed of image formation optical system and this image formation optical system In the optical equipment with which the part optical filter of one sheet in which only the whole

surface has a reflection factor more than predetermined has been arranged said spectrum -- a field with the reflection factor more than predetermined [of a filter / said] is inclined to an optical axis -- making -- said spectrum -- the cross-section configuration of a filter -- a wedge configuration, nothing, and said spectrum -- the optical equipment characterized by putting wedge glass side by side so that it may be combined with a filter and may act as a plane-parallel plate as the whole.

[Claim 2] Between the image sensors which detect the image formed of image formation optical system and this image formation optical system In the optical equipment with which the part optical filter of one sheet in which both sides have a reflection factor more than predetermined has been arranged Both sides of the aforementioned part optical filter are made to incline to an optical axis. The cross-section configuration of the aforementioned part optical filter A wedge configuration and nothing, And it is optical equipment characterized by putting wedge glass side by side so that it may be combined with the aforementioned part optical filter, it may act as a plane-parallel plate as the whole and it may put from the aforementioned part optical filter order.

[Claim 3] between the image sensors which detect the image formed of

image-formation optical system and this image-formation optical system -- two or more spectra -- the optical equipment with which the filter has been arranged -- set -- said spectrum -- the cross-section configuration of a filter -- respectively -- a wedge configuration , nothing , and said spectrum -- it is combined with a filter and it acts as a plane-parallel plate as the whole -- as -- said spectrum -- the optical equipment characterized by to put side by side two or more wedge glass between filters .

[Claim 4] Optical equipment according to claim 3 characterized by having made incline to an optical axis and opposed fields with the reflection factor more than predetermined [of a part optical filter without the wavelength field common to a reflected wave length band], and combining them.

[Claim 5] the field on the optical surface of the image formation optical system which participates the numerical aperture of image formation optical system in NAS and flare light, or a spectrum -- the following formulas are filled when the refractive index of NAF and a part optical filter is set to n for the numerical aperture which looks at the field on a filter side from the image surface, and serves as the greatest solid angle -- as -- a spectrum -- claims 1-4 characterized by defining the vertical angle α of a filter -- either -- the optical equipment of

a publication.

[Equation 1]

$$\sin(2\theta_z) > (NA_s + NA_f)$$

[Equation 2]

$$\alpha = \theta_z / n$$

[Claim 6] the time of being formed by the catoptric system in which image formation optical system has main electric shielding -- said main shield factor -- responding -- a spectrum -- claims 1-4 characterized by determining the vertical angle of the wedge of a filter -- either -- the optical equipment of a publication.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the optical system for reducing the flare light which affects especially optical-character ability about the optical

tracker for satellite loading.

[0002]

[Description of the Prior Art] As image formation optical system of optical

trackers for satellite loading, such as spectroradiometer using the wavelength of

a broadband, many catoptric system is used conventionally. An inside omission

[of a skein grain system etc.] reflective system is used especially in many cases.

In the optical field, the name is usually used for an omission during the above

which appears by the reflective system main electric shielding and henceforth

[call pig].

[0003] The conventional example of the optical tracker which makes the skein

grain system 1 image formation optical system is shown in drawing 6 .

Wavelength division is carried out with a dichroic prism 3 at optical-path division

and coincidence, and primary mirror 1a, secondary mirror 1b, and the light 2 that

the sequential echo was carried out and was injected obtain two or more

wavelength bands a little larger than a target wavelength band. The image

sensor 4 was placed on the focal plane of the skein grain system 1, and in order

to carry out the spectrum of two or more above-mentioned a little large

wavelength bands even to a still narrower wavelength band and to use them for

it, the optical surface was installing the parallel parallel flat-surface part optical filter 6 of each other so that the optical surface which light penetrates ahead of the image sensor 4 might become vertical to an optical axis 5.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since a single or two or more parallel flat-surface part optical filters 6 were arranged in the Prior art like the above so that an optical surface might become vertical to an optical axis 5, As shown in drawing 7 , it is again reflected with the parallel flat-surface part optical filter 6, and the light reflected from the front face of the image sensor 4 arranged behind the parallel flat-surface part optical filter 6 carries out incidence to the image sensor 4. While flare light which covered the image by the white bail occurs and degrading optical-character ability, such as resolving power, there was a trouble of degrading the radio metric engine performance as a radiometer.

[0005] This invention was made in view of such a conventional trouble, and aims at offering the optical equipment which reduces the above-mentioned flare light.

[0006]

[Means for Solving the Problem] the single spectrum with which, as for this invention, an optical tracker has a reflection factor more than predetermined only

for the whole surface -- in consisting of filters, it becomes a slant face to an optical axis about that field -- as -- a wedge configuration and nothing -- it constitutes so that wedge glass may be further put side by side and committed as a plane-parallel plate collectively.

[0007] moreover, the single spectrum with which, as for this invention, both sides have a reflection factor more than predetermined -- in consisting of filters, it becomes a slant face to an optical axis about both sides -- as -- a wedge configuration and nothing -- it constitutes so that wedge glass may be further put side by side and committed as a plane-parallel plate collectively before and after that.

[0008] When consisting of two or more part optical filters, this invention makes each part optical filter a wedge configuration, and it arranges two or more wedge glass so that it may work as a plane-parallel plate as a whole between each wedge configuration part optical filter.

[0009] the spectrum of plurality [invention / this] furthermore -- the case where it consists of a filter -- each -- a spectrum -- it constitutes so that fields without a wavelength field common to a reflected wave length band among fields with the reflection factor more than predetermined [of a filter] may be made to counter

and it may consider as an inclined plane.

[0010] Moreover, in case this invention determines the wedge configuration of a part optical filter, it is determined that that vertical angle fills a predetermined formula from the numerical aperture of image formation optical system, and the numerical aperture obtained from the solid angle in which the flare participates.

[0011] When image formation optical system has main electric shielding, this invention also takes into consideration the numerical aperture obtained from the solid angle in which main electric shielding participates, and determines the vertical angle of the wedge configuration of a part optical filter.

[0012]

[Function] When an optical tracker consists of single part optical filters with which only the whole surface has a reflection factor more than predetermined, the flare reduces this invention by leaning that field to an optical axis in order to act so that the multiple echo light of those field and optical elements other than a part optical filter may not go into the sensitization field of an image sensor. The aberration generated by making a part optical filter into a wedge configuration with constituting so that wedge glass may furthermore be collectively put side by side and committed as a plane-parallel plate is reduced.

[0013] Moreover, by making both sides incline to an optical axis, when both sides consist of single part optical filters which have a reflection factor more than predetermined, in order to act so that the multiple echo light of both sides and optical elements other than a part optical filter may not go into the sensitization field of an image sensor, the flare decreases. The aberration generated by having made the part optical filter into the wedge configuration with constituting so that wedge glass may furthermore be collectively put side by side and committed as a plane-parallel plate before and after that is reduced.

[0014] two or more spectra -- the case where it consists of a filter -- each -- a spectrum -- making a filter into a wedge configuration -- the slant face of each wedge configuration part optical filter, and a spectrum -- in order to act so that multiple echo light with optical elements other than a filter may not go into the sensitization field of an image sensor, the flare decreases. The aberration generated by having made the part optical filter into the wedge configuration by arranging two or more wedge glass so that it may furthermore work as a plane-parallel plate as a whole between each wedge configuration part optical filter is reduced.

[0015] Moreover, although reduction of aberration can be aimed at in the

reduction list of the flare by taking the configuration like the above when consisting of two or more part optical filters further -- each -- a spectrum -- generating of the interference fringe by the echo between the slant faces which faced each other can be prevented by constituting so that fields without a wavelength field common to a reflected wave length band among fields with the reflection factor more than predetermined [of a filter] may be made to counter and it may consider as an inclined plane.

[0016] By setting the vertical angle of the part optical filter of a wedge configuration that mutual numerical aperture does not overlap using a predetermined formula from the numerical aperture of image formation optical system, and the numerical aperture obtained from the solid angle in which the flare participates, the flare can be reduced by the necessary minimum vertical angle, and the yield of the aberration for which it depends on a vertical angle at it and coincidence can be stopped.

[0017] moreover, the numerical aperture obtained from the solid angle in which main electric shielding participates when image formation optical system has main electric shielding -- taking into consideration -- a spectrum -- by determining the vertical angle of a filter, possibility that it can stop further from

the above-mentioned produces the necessary minimum include angle of a vertical angle, and the operation which stops the yield of the aberration depending on a vertical angle further is carried out.

[0018]

[Example]

Example 1. drawing 1 is drawing showing the first example of this invention, and it consists of the wedge configuration part optical filter 7 and the wedge glass 8 which were formed into the wedge configuration, it is together put so that a mutual inclined plane may counter, and it consists of cases where it consists of a part optical filter of one sheet in which only the whole surface has a reflection factor more than predetermined so that the whole may act as a plane-parallel plate.

[0019] Before explaining drawing 1, how to remove flare light based on drawing 6 in case a part optical filter is a plane-parallel plate, and drawing 7 is explained. It is NAS about NAC and NA of image formation optical system in the numerical aperture (NA) when expecting main electric shielding from the image surface in drawing 6. It carries out. Furthermore, it is NAF about NA used as the greatest solid angle at the time of expecting the field on the parallel flat-surface part

optical filter 6 which participates in flare light from the image surface, when all the field angles are considered, as shown in drawing 7 . It carries out. The light the light reflected between the parallel flat-surface part optical filter 6 and the image sensor 4 carried out [light] incidence to the image sensor 4 in drawing 7 which showed signs that it became flare light reflects, and with the return parallel flat-surface part optical filter 6, it participates in the image sensor 4 as a flare light after an echo, and it participates in incidence and the sensitization field 9 as a flare light again. The beam of light of be [it / only the beam of light reflected inside the reflective field 10] which involves as a flare light is clear. Only the thing on the parallel flat-surface part optical filter 6 corresponding to this reflected only in the field 11 in part involves simultaneously. It is drawing 3 which showed the relation of these NA.

[0020] Since the image sensor is assumed to be the line sensor of the single dimension extended in the direction of Y in drawing 3 , it is NAF. It has an abbreviation ellipse form. Now, since NA of the flare of the direction of Y is large, the whole surface of a part optical filter is made to incline in a Z direction. At this time, the flux of light range 12 of flare light shifts out of a shaft, and is tilt-angle θ_Z of a part optical filter. If "a-three number" is satisfied, as shown in drawing

4 , flare light will be left besides an effective diameter and will disappear thoroughly. if it shifts in the direction of Y -- the -- it shifts, and an amount must be enlarged and is unrealizable.

[0021]

[Equation 3]

$$\sin(2\theta z) > (N_A s + N_A f)$$

[0022] Drawing 5 is NAS as an example. 0.2 and NAC 0.05 or NAF Change of the flare quantity of light when being referred to as 0.02 and referred to as $\sin(2\theta z) = \theta$ is shown. For removing flare light thoroughly, θ must be larger than 0.22.

[0023] NAS NAC Tilt-angle θz which will make flare light max in the medium of the condition by which it was shown in both drawings if drawing 3 is compared with drawing 4 , since the common area of the field and the flux of light range 12 of flare light across which it faced turns into a field which generates flare light It turns out that it exists. Moreover, in the right-hand side of "a-three number", it is NAC. It is clear to consist of not being contained similarly to general dioptric system without main electric shielding. When there is no main electric shielding,

the condition of generating the greatest flare light is the case where there is no dip in the field of a part optical filter, when the core of the flux of light range 12 of flare light is in origin of coordinates like drawing 3 that is,. NAF Although it is the flare light generated between a parallel flat-surface part optical filter and an image sensor, the optical member which constitutes the image formation optical system ahead of a parallel flat-surface part optical filter from actual optical system is also related. NAF It cannot be overemphasized that it must be chosen as NA which expects a field also including these optical members from the image surface, and serves as the greatest solid angle.

[0024] However, according to "a-three number", it is tilt-angle θ_Z so that flare light may be vanished thoroughly. When it is going to ask, the tilt angle may become less realistic [become large too much and]. In the case of the optical system which has main electric shielding, it is NAF. NAC It is suitable tilt-angle θ_Z by size relation. It can ask. NAF NAC Although there is no flare when small, it is tilt-angle θ_Z . If "a-four number" is not filled, flare light will occur conversely.

[0025]

[Equation 4]

$$0 < \sin(2\theta_z) < (N_{Ac} - N_{Af})$$

[0026] If it states in more detail, flare light arises in the range with which are satisfied of "a-five number", and it is tilt-angle θ_z . It responds and the flare quantity of light changes.

[0027]

[Equation 5]

$$(N_{Ac} - N_{Af}) < \sin(2\theta_z) < (N_{As} + N_{Af})$$

[0028] Moreover, N_{Af} N_{Ac} It is large, or flare light arises in the range in which it does not materialize "a-three number" in being equal, and it is tilt-angle θ_z . It responds and the flare quantity of light changes.

[0029] It is tilt-angle θ_z so that "a-three number" may not necessarily be realized like in the case of the optical system which was mentioned above and which has main electric shielding, in order to prevent flare light. It turns out that there is no need of asking. It is merely tilt-angle θ_z so that clearly [in old inequality]. A solution cannot be found uniquely. Tilt-angle θ_z Aberration degradation of the optical system produced by making the optical surface of a part optical filter incline limits the range of a solution further.

[0030] Generally, if a parallel flat-surface part optical filter is made to incline to convergence light, astigmatism will occur and the amount dZ of astigmatism will be given by the formula of "a-six number."

[0031]

[Equation 6]

$$dZ = \frac{d}{n \cos \theta} \left(1 - \frac{\cos^2 \theta}{\cos^2 \theta'} \right)$$

[0032] The incident angle to the filter of n and a chief ray is made to theta, and angle of refraction is made [the thickness of a filter] into theta' for d and a refractive index here. Now, since this dZ must not exceed the amount of astigmatism permitted as optical system, the incident angle theta to the parallel flat-surface part optical filter permitted from that permissible dose is determined. That is, mutually, the tilt angle to the optical axis of the interface of an parallel medium is restricted to the permissible dose of astigmatism, and restrains the tilt angle for flare clearance.

[0033] Now, by old explanation, it is tilt-angle thetaZ of a part optical filter. It was the include angle which considered the part optical filter to be a plane-parallel plate. In this example, a parallel flat-surface part optical filter is used as a wedge

configuration part optical filter. Then, tilt-angle θ_z of a rear-face reflector with the effectiveness of the same flare light clearance It is expressed with "a-seven number", when are asked for relation and the refractive index of a part optical filter is set to n .

[0034]

[Equation 7]

$$\alpha = \theta_z / n$$

[0035] Now, drawing 1 is explained based on the above explanation. Having a reflection factor more than predetermined [sufficient] for a part optical filter consisting of one sheet first, and only for the whole surface serving as a harmful flare light, the field of another side shall be a reflection factor below predetermined. In order to remove flare light, an optical filter is made that much into a wedge configuration so that a field with the reflection factor more than predetermined may be made into a slant face. A vertical angle shall be determined by "a-three number" and "a-seven number" in that case. The wedge glass of one sheet with the same vertical angle is added so that it may become a plane-parallel plate further as a whole. In this case, as for both sides of wedge

glass, an antireflection film is usually given. If the device to which the wedge part optical filter 7 and wedge glass 8 are moved along the dip direction is established at this time, since it becomes possible to change the optical path length, a role of an object for focus control can also be given.

[0036] Since the inclined plane of the wedge configuration part optical filter 7 and wedge glass 8 goes so that it may become parallel mutually, and it constitutes the forefront side and last side as a parallel plane-parallel plate at right angles to an optical axis, and mutually, it is suppressing generating of astigmatism.

Although the amount of astigmatism is proportional to the thickness of a filter so that more clearly than "a-six number" As opposed to there being a limitation in the astigmatism yield stopped inevitably from the ability of thickness of glass not being made thin to several mm or less on structure and processing, in leaning a parallel flat-surface part optical filter Since the medium of the clearance between the inclining fields serves as air or a vacuum when leaning a field by wedge-ization of a part optical filter, the aberration which will be generated if the clearance can be made thin and carries out an optical contact further to dozens of microns can be suppressed thoroughly.

[0037] The second example of example 2., next this invention is explained.

Drawing 2 (a) shows an example when both sides use the wedge configuration part optical filter 7 of the reflection factor more than predetermined. The vertical angle of a wedge is searched for as twice of α by "a-three number" and "a-seven number", and the inclined plane of the wedge configuration part optical filter 7 is made to incline mutually first by the opposite direction. This wedge configuration part optical filter 7 order is put with wedge glass 8 so that it may become a plane-parallel plate as a whole. Although the amount of astigmatism generated like the first example is lessened, since 2 sets of inclined planes which faced each other serve as the alternate dip direction and generating of comatic aberration is controlled, degradation of optical-character ability is prevented more.

[0038] Example 3. drawing 2 (b) shows the third example of this invention.

Although this example is the case where it consists of a wedge configuration part optical filter 7 of three sheets, when consisting of a part optical filter of two or more sheets, the flare can be removed by repeating and applying the configuration of the second example. That is, what is necessary is just to insert wedge glass 8 between each wedge configuration part optical filter 7. However, if the wedge configuration part optical filter 7 with which the whole surface

serves as a reflection factor below predetermined is contained, there will be no change in the effectiveness of making the field and the field of other wedge configuration part optical filters 7 countering, and reducing the flare also as a slant face.

[0039] If the common range should be located in the reflected wave length band of the inclined plane where the wedge configuration part optical filter 7 furthermore faced each other, since mutual spacing is about dozens of microns, by mutual field echo, the interference fringe called the Newton ring occurs and it serves as a ghost's generating. If the field 13 without the common range is located in the reflected wave length band of the inclined plane of other wedge configuration part optical filters 7 in order to prevent this, it is solvable by making it counter with the field of the wedge configuration part optical filter 7, and considering as a slant face.

[0040]

[Effect of the Invention] As mentioned above, when a sheet of part optical filter consists [the field of the reflection factor more than predetermined] of one sheet, it can reduce flare light, this invention stopping the effect affect optical-character ability by adding wedge glass, and constituting so that the whole may act as a

plane-parallel plate to the minimum while wedge-izing a part optical filter.

[0041] moreover, the spectrum of one sheet in which both sides have a reflection factor more than predetermined -- the case where it consists of a filter -- the spectrum -- while wedge-izing a filter, it acts as a plane-parallel plate as a whole -- as -- a spectrum -- flare light can be reduced by considering as the configuration which put the filter with wedge glass from order, stopping the effect affect optical-character ability to the minimum.

[0042] further two or more spectra -- the case where it consists of a filter -- said spectrum of one sheet -- flare light can be reduced, stopping the effect affect optical-character ability by arranging two or more wedge glass between each wedge configuration part optical filter to the minimum so that it may act as a plane-parallel plate as a whole on the basis of the configuration realized to a filter.

[0043] If it is the part optical filter with which the common range does not exist in the reflected wave length band of the reflection factor more than predetermined, even if directly facing each other, equivalent effectiveness will be acquired without inserting wedge glass.

[0044] And flare light is removable by generally determining the vertical angle of

each wedge configuration part optical filter and wedge glass with "a-three number" and "a-seven number."

[0045] Supposing main electric shielding has image formation optical system by the reflective system, even if it is below the vertical angle determined by "the-three number", the effectiveness that the flare can be reduced will be acquired.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-247846

(43) 公開日 平成8年(1996)9月27日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 J	3/28		G 0 1 J	3/28
B 6 4 G	1/66		B 6 4 G	1/66
G 0 2 B	5/04		G 0 2 B	5/04
	5/20			5/20

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全6頁)

(21) 出願番号 特願平7-47176

(22) 出願日 平成7年(1995)3月7日

(71) 出願人 000119933

宇宙開発事業団

東京都港区浜松町2丁目4番1号

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

(72) 発明者 丹下 義夫

東京都港区浜松町一丁目29番6号 宇宙開
発事業団内

(74) 代理人 弁理士 高田 守 (外4名)

最終頁に続く

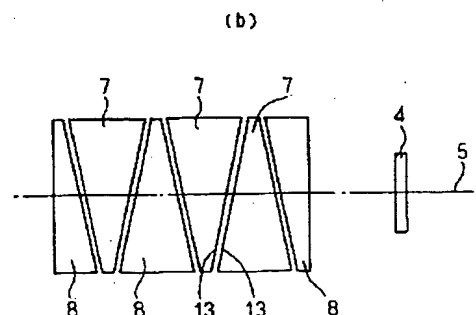
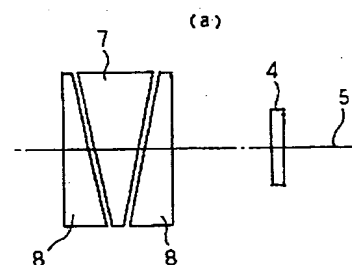
(54) 【発明の名称】 光学装置

(57) 【要約】

【目的】 人工衛星搭載用光学装置におけるフレア光を低減することを目的とする。

【構成】 結像光学系とこの結像光学系により形成された像を検知する画像センサとの間に、複数の分光フィルタが配置された光学観測装置において、それら分光フィルタを楔形状分光フィルタ7となし、かつ楔形状分光フィルタ7と組み合わせられて全体としては平行平板板として作用するように楔形状分光フィルタ7の間に複数の楔ガラス8を併置した。

【効果】 光学性能に及ぼす影響を最小限に止めつつフレア光の低減を行うことができ、性能が向上するという効果がある。



13: 反射波長帯域に共通範囲を持たない膜面

【特許請求の範囲】

【請求項1】 結像光学系とこの結像光学系により形成された像を検知する画像センサとの間に、一面のみが所定以上の反射率をもつ一枚の分光フィルタが配置された光学装置において、前記分光フィルタの前記所定以上の反射率をもつ面を光軸に対し傾斜させ前記分光フィルタの断面形状を楔形状となし、かつ前記分光フィルタと組み合わされて全体としては平行平板板として作用するように楔ガラスを併置したことを特徴とする光学装置。

【請求項2】 結像光学系とこの結像光学系により形成された像を検知する画像センサとの間に、両面が所定以上の反射率をもつ一枚の分光フィルタが配置された光学装置において、前記分光フィルタの両面を光軸に対し傾斜させ前記分光フィルタの断面形状を楔形状となし、かつ前記分光フィルタと組み合わされて全体としては平行平板板として作用するように前記分光フィルタの前後から挟み込むように楔ガラスを併置したことを特徴とする光学装置。

【請求項3】 結像光学系とこの結像光学系により形成された像を検知する画像センサとの間に、複数の分光フィルタが配置された光学装置において、前記分光フィルタの断面形状をそれぞれ楔形状となし、かつ前記分光フィルタと組み合わされて全体としては平行平板板として作用するように前記分光フィルタの間に複数の楔ガラスを併置したことを特徴とする光学装置。

【請求項4】 反射波長帯域に共通する波長領域をもたない分光フィルタの所定以上の反射率をもつ面どうしを光軸に対し傾斜させ、かつ向かい合わせて組み合わせたことを特徴とする請求項3記載の光学装置。

【請求項5】 結像光学系の開口数を NA_s 、フレア光に関与する結像光学系の光学面上の領域または分光フィルタ面上の領域を像面から見て最大の立体角となる開口数を NA_f 、及び分光フィルタの屈折率を n としたとき、以下の式を満たす様に分光フィルタの頂角 α が定められたことを特徴とする請求項1～4いずれか記載の光学装置。

$$\text{【数1】} \quad \sin(2\theta_z) > (NA_s + NA_f)$$

$$\text{【数2】} \quad \alpha = \theta_z / n$$

【請求項6】 結像光学系が中心遮蔽を持つ反射光学系で形成されたとき、前記中心遮蔽率に応じて、分光フィルタの楔の頂角が決定されることを特徴とする請求項1～4いずれか記載の光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は人工衛星搭載用光学観測装置に関するものであって、特に光学性能に影響を与えるフレア光を低減するための光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】広帯域の波長を利用する分光放射計等の人工衛星搭載用光学観測装置の結像光学系としては、従来より反射光学系が多く用いられている。中でもカセグレン系等の中抜け反射系が用いられることが多い。反射系で現れる上記中抜けを、通常光学分野では中心遮蔽と呼ぶため以後その呼称を用いる。

【0003】カセグレン系1を結像光学系とする光学観測装置の従来例を図6に示す。主鏡1a、副鏡1bと、順次反射されて射出した光2はダイクロイックプリズム3により光路分割と同時に波長分割され、目標の波長帯域よりやや広い、複数の波長帯域を得る。カセグレン系1の焦点面上には画像センサ4が置かれ、上記のやや広い、複数の波長帯域をさらに狭い波長帯域にまで分光して利用するため、画像センサ4の前方に、光の透過する光学面が光軸5に対し垂直になるように光学面が互いに平行な平行平面分光フィルタ6を設置していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記の如き従来の技術においては、単一または複数の平行平面分光フィルタ6を、光学面が光軸5に対し垂直となるように配置していたため、図7に示されるように、平行平面分光フィルタ6の後方に配置された画像センサ4の表面から反射した光が平行平面分光フィルタ6で再び反射され画像センサ4に入射し、あたかも画像を白いボールで覆ったようなフレア光が発生して、解像力等の光学性能を劣化させるとともに、放射計としてのラジオメトリック性能を劣化させるという問題点があった。

【0005】この発明は、このような従来の問題点に鑑みてなされたもので、上記フレア光を低減する光学装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】この発明は光学観測装置が一面のみ所定以上の反射率を有する単一の分光フィルタで構成される場合には、その面を光軸に対し斜面となるように楔形状となし、さらに楔ガラスを併置して、併せて平行平板板として働くように構成したものである。

【0007】またこの発明は、両面が所定以上の反射率を有する単一の分光フィルタで構成される場合には、両面を光軸に対し斜面となるように楔形状となし、さらにその前後に楔ガラスを併置して、併せて平行平板板として働くように構成したものである。

【0008】この発明は複数の分光フィルタからなる場合には、各分光フィルタを楔形状とし、各楔形状分光フィルタの間に全体として平行平板板として働くように複数の楔ガラスを配置したものである。

【0009】さらにこの発明は複数の分光フィルタからなる場合には、各分光フィルタの所定以上の反射率をもつ面の内、反射波長帯域に共通の波長領域をもたない面どうしを対向させ、かつ傾斜面とするように構成したも

のである。

【0010】またこの発明は分光フィルタの楔形状を決定する際には、その頂角は結像光学系の開口数とフレアの関与する立体角から得られる開口数とから所定の式を満たすように定めたものである。

【0011】この発明は、結像光学系が中心遮蔽をもつ場合には、中心遮蔽が関与する立体角から得られる開口数も考慮して、分光フィルタの楔形状の頂角を決定するようにしたものである。

【0012】

【作用】この発明は光学観測装置が一面のみ所定以上の反射率を有する単一の分光フィルタで構成される場合には、その面を光軸に対し傾けることにより、その面と分光フィルタ以外の光学要素との多重反射光が画像センサの感光領域に入らないよう作用するためフレアが低減する。さらに楔ガラスを併置して、併せて平行平板として働くように構成することで、分光フィルタを楔形状とすることによって発生する収差を低減する。

【0013】また両面が所定以上の反射率を有する単一の分光フィルタで構成される場合には、両面を光軸に対し傾斜させることにより、両面と分光フィルタ以外の光学要素との多重反射光が画像センサの感光領域に入らないよう作用するためフレアが低減する。さらにその前後に楔ガラスを併置して、併せて平行平板として働くように構成することで分光フィルタを楔形状としたことによって発生する収差を低減する。

【0014】複数の分光フィルタからなる場合には、各分光フィルタを楔形状とすることにより、各楔形状分光フィルタの斜面と分光フィルタ以外の光学要素との多重反射光が画像センサの感光領域に入らないよう作用するためフレアが低減する。さらに各楔形状分光フィルタの間に全体として平行平板として働くように複数の楔ガラスを配置することで分光フィルタを楔形状としたことによって発生する収差を低減する。

【0015】また複数の分光フィルタからなる場合には、上記のごとき構成を採ることによってフレアの低減並びに収差の低減が図れるが、さらに各分光フィルタの所定以上の反射率をもつ面の内、反射波長帯域に共通の波長領域をもたない面どうしを対向させ、かつ傾斜面とするように構成することにより、向かい合った斜面間の反射による干渉縞の発生を防ぐことができる。

【0016】楔形状の分光フィルタの頂角を結像光学系の開口数とフレアの関与する立体角から得られる開口数とから、互いの開口数が重なり合わないよう所定の式を用いて定めることにより、必要最小限の頂角でフレアを低減させることができ、それと同時に、頂角に依存する収差の発生量を抑えることができる。

【0017】また結像光学系が中心遮蔽をもつ場合に、中心遮蔽が関与する立体角から得られる開口数も考慮して分光フィルタの頂角を決定することにより、頂角の必

要最小限の角度を前述よりさらに抑えられる可能性が生じ、頂角に依存する収差の発生量をいっそう抑える作用をする。

【0018】

【実施例】

実施例1. 図1はこの発明の第一の実施例を示す図であり、一面のみが所定以上の反射率をもつ一枚の分光フィルタからなる場合で、楔形状化された楔形状分光フィルタ7と楔ガラス8とからなり、互いの傾斜面が対向するよう組み合わされ、全体が平行平板として作用するように構成されている。

【0019】図1を説明する前に分光フィルタが平行平板の場合の図6、図7に基づいてフレア光を除去する方法を説明する。図6において、中心遮蔽を像面から見込んだ時の開口数(NA)を NA_c 、結像光学系のNAを NA_s とする。更に図7に示すようにすべての画角を考えた時に、フレア光に関与する平行平面分光フィルタ6上の領域を像面から見込んだ場合の最大の立体角となるNAを NA_f とする。平行平面分光フィルタ6と画像センサ4との間で反射された光がフレア光となる様子を示した図7において、画像センサ4に入射した光が反射して再び平行平面分光フィルタ6で反射後、フレア光として再び画像センサ4に入射、感光領域9にフレア光として関与する。フレア光として関与する光線は、反射領域10より内側で反射された光線のみであることは明らかである。同時にこれに対応する平行平面分光フィルタ6上の一部領域11でのみ反射したものしか関与しない。これらNAの関係を示したものが図3である。

【0020】図3では画像センサをY方向に伸びる一次元のラインセンサと仮定しているため NA_f は略楕円形をしている。さてY方向のフレアのNAが大きいため分光フィルタの一面はZ方向に傾斜させるものとする。この時、フレア光の光束範囲12は軸外にずれ、分光フィルタの傾斜角 θ_i が"数3"を満足すれば図4に示されるように、フレア光は有効径外に去り、完全に消失することになる。もしY方向にずらすと、そのずらし量は大きくしなくてはならず実現性がない。

【0021】

【数3】

$$\sin(2\theta_z) > (NA_s + NA_f)$$

【0022】図5は、一例として NA_s を0.2、 NA_c を0.05、または NA_f を0.02とし、 $\sin(2\theta_i) = \theta$ としたときのフレア光量の変化を示している。フレア光を完全に除去するには θ は0.22より大きくなければならない。

【0023】 NA_s と NA_c で挟まれた領域とフレア光の光束範囲12との共通領域がフレア光を発生させる領域となるので、図3と図4を比較すると、両図で示された状態の中間に、フレア光を最大にする傾斜角 θ_i が存在することが判る。また"数3"の右辺には NA_c が含

10

20

30

40

50

まれていないことから、中心遮蔽のない一般の屈折光学系に対しても同様に成り立つことは明らかである。中心遮蔽のない場合最大のフレア光を発生させる状態はフレア光の光束範囲12の中心が図3のように座標原点にあるとき、つまり分光フィルタの面に傾斜がない場合である。NA_Fは平行平面分光フィルタと画像センサの間で発生するフレア光であるが、実際の光学系では、平行平面分光フィルタの前方にある結像光学系を構成する光学部材も関係する。NA_Fはこれらの光学部材も含めた領域を像面から見込んで最大の立体角となるNAとして選ばなければならないことはいうまでもない。

【0024】ところが"数3"に従って、フレア光を完全に消失させるように傾斜角 θ_z を求めようとした時、その傾斜角が大きくなりすぎて現実的ではなくなることがある。中心遮蔽を有する光学系の場合には、NA_FとNA_Cの大小関係によって適当な傾斜角 θ_z を求めることができる。NA_FがNA_Cより小さいときはフレアはないが、傾斜角 θ_z が"数4"を満たさないと逆にフレア光が発生する。

【0025】

【数4】

$$0 < \sin(2\theta_z) < (NA_C - NA_F)$$

【0026】さらに詳しく述べると、"数5"を満足する範囲ではフレア光が生じてしまい、傾斜角 θ_z に応じてフレア光量が変化する。

【0027】

【数5】

$$(NA_C - NA_F) < \sin(2\theta_z) < (NA_S + NA_F)$$

【0028】またNA_FがNA_Cより大きい場合等しい場合には、"数3"が成立しない範囲でフレア光が生じ、傾斜角 θ_z に応じてフレア光量が変化する。

【0029】上述した様に、中心遮蔽を有する光学系の場合には、フレア光を防止するために、必ずしも"数3"が成り立つように傾斜角 θ_z を求める必要のないことが判る。ただこれまでの不等式で明らかなように、傾斜角 θ_z は一意的には解が求まらない。傾斜角 θ_z の解の範囲をさらに限定するのは分光フィルタの光学面を傾斜させることによって生じる光学系の収差劣化である。

【0030】一般に、収束光に対し平行平面分光フィルタを傾斜させると非点収差が発生し、その非点収差量dZは、"数6"の式で与えられる。

【0031】

【数6】

$$dZ = \frac{d}{n \cos \theta} \left[1 - \frac{\cos^2 \theta}{\cos^2 \theta'} \right]$$

【0032】ここでフィルタの厚さをd、屈折率をn、主光線のフィルタへの入射角を θ 、屈折角を θ' としている。さてこのdZは光学系として許容される非点収差量を越えてはならないから、その許容量から許容される平行平面分光フィルタへの入射角 θ が決定される。つま

り互いに平行な媒質の境界面の光軸に対する傾斜角は非点収差の許容量に制限され、フレア除去のための傾斜角を拘束する。

【0033】さて、これまでの説明では分光フィルタの傾斜角 θ_z は分光フィルタを平行平板と考えた角度であった。本実施例では平行平面分光フィルタを楔形状分光フィルタとして用いる。そこで、同じフレア光除去の効果をもつ裏面反射面の傾斜角 θ_z の関係を求めると、分光フィルタの屈折率をnとしたとき、"数7"で表される。

【0034】

【数7】

$$\alpha = \theta_z / n$$

【0035】さて以上の説明に基づいて図1を説明する。まず分光フィルタが一枚からなり、一面のみが有害なフレア光となるに十分な所定以上の反射率を持ち、他方の面は所定以下の反射率であるものとする。フレア光を除去するには、所定以上の反射率をもつ面を斜面とするようにその分光フィルタを楔形状とする。その際、頂角は"数3"及び"数7"で決定されるものとする。さらに全体として平行平板となるように頂角が同じである一枚の楔ガラスを追加する。この場合、楔ガラスの両面は、通常、反射防止膜が施される。この時、楔形状分光フィルタ7と楔ガラス8とを傾斜方向に沿って移動させる機構を設ければ、光路長を変えることが可能となるので焦点調整用としての役割を持たせることもできる。

【0036】楔形状分光フィルタ7と楔ガラス8の傾斜面は互いに平行となるように向かい合わせられ、その最前面と最後面を光軸に垂直かつ互いに平行な平行平板として構成しているため、非点収差の発生を抑えている。"数6"より明らかなように非点収差量はフィルタの厚さに比例するが、平行平面分光フィルタを傾ける場合には、構造上ならびに加工上、ガラスの厚みを数ミリ以下に薄くできないことから必然的に抑えられる非点収差発生量には限界があるのに対し、分光フィルタの楔化によって面を傾ける場合は、傾斜する面の隙間の媒質は空気または真空となるため、その隙間を数十ミクロンまで薄くすることができ、さらにオプティカルコンタクトすれば発生する収差を完全に抑えることができる。

【0037】実施例2. 次にこの発明の第二の実施例について説明する。図2(a)は両面が所定以上の反射率の楔形状分光フィルタ7を用いた場合の実施例を示したものである。まず楔の頂角は"数3"及び"数7"で α の2倍として求められ、楔形状分光フィルタ7の傾斜面は互いに反対方向に傾斜させられている。この楔形状分光フィルタ7の前後を、全体として平行平板となるように楔ガラス8で挟み込まれている。第一の実施例同様に発生する非点収差量を少なくしているが、2組の向かい合った傾斜面が互い違いの傾斜方向となっているのでコマ収差の発生が抑制されているため、光学性能の劣化

がより防がれている。

【0038】実施例3. 図2 (b) はこの発明の第三の実施例を示す。この実施例は3枚の楔形状分光フィルタ7からなる場合であるが、2枚以上の分光フィルタからなる場合は第二の実施例の構成を繰り返し適用することでフレアを除去することができる。つまり各楔形状分光フィルタ7の間に楔ガラス8を挿入すればよい。しかし、もし一面が所定以下の反射率となる楔形状分光フィルタ7が含まれていれば、その面と他の楔形状分光フィルタ7の面を対向させ斜面としても、フレアを低減する効果に変わりはない。

【0039】さらに楔形状分光フィルタ7の向かい合った傾斜面の反射波長帯域に万一共通範囲がある場合には、互いの間隔は数十ミクロン程度であるため、相互の面反射によってニュートンリングと呼ばれる干渉縞が発生してしまい、ゴーストの発生となる。これを防ぐためには、もし他の楔形状分光フィルタ7の傾斜面の反射波長帯域に共通範囲がない面13があれば、その楔形状分光フィルタ7の面と対向させ斜面とすることで解決できる。

【0040】

【発明の効果】以上のように、この発明は所定以上の反射率の面が一面のみの分光フィルタが一枚からなる場合には、分光フィルタを楔化するとともに楔ガラスを追加し、全体が平行平板として作用するように構成することにより、光学性能に及ぼす影響を最小限に止めつつフレア光の低減を行うことができる。

【0041】また両面が所定以上の反射率をもつ一枚の分光フィルタからなる場合には、その分光フィルタを楔化するとともに、全体として平行平板として作用するよう、分光フィルタを前後から楔ガラスで挟み込んだ構成とすることにより、光学性能に及ぼす影響を最小限に止めつつフレア光の低減を行うことができる。

【0042】さらに複数の分光フィルタからなる場合に*

*は、前記一枚の分光フィルタに対して成り立つ構成を基本として、全体として平行平板として作用するよう、各楔形状分光フィルタの間に複数の楔ガラスを配置することにより、光学性能に及ぼす影響を最小限に止めつつフレア光の低減を行うことができる。

【0043】もし所定以上の反射率の反射波長帯域に共通範囲が存在しない分光フィルタであれば、楔ガラスを挟まずに直接向かい合わせにしても同等の効果を得られる。

【0044】そして各楔形状分光フィルタ及び楔ガラスの頂角を、一般に"数3"及び"数7"により決定することでフレア光を除去できる。

【0045】もし結像光学系が反射系で中心遮蔽があるならば、"数3"で決定される頂角以下であってもフレアを低減できる効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による装置の第一の実施例である。

【図2】 (a) は本発明による装置の第二の実施例である。(b) は本発明による装置の第三の実施例である。

【図3】 フレア光発生を説明する図。

【図4】 分光フィルタの傾斜に伴うフレア光除去を説明する図。

【図5】 傾斜角度によるフレア光量変化のグラフ。

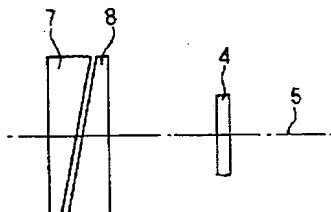
【図6】 従来の結像光学系の構成を説明する図。

【図7】 フレア光の発生原理を説明する図。

【符号の説明】

1 カセグレン系、1 a 主鏡、1 b 副鏡、2 カセグレン系を射出する光、3 ダイクロイックプリズム、4 画像センサ、5 光軸、6 平行平面分光フィルタ、7 楔形状分光フィルタ、8 楔ガラス、9 感光領域、10 反射領域、11 分光フィルタ上の一部領域、12 フレア光の光束範囲、13 反射波長帯域に共通範囲を持たない膜面。

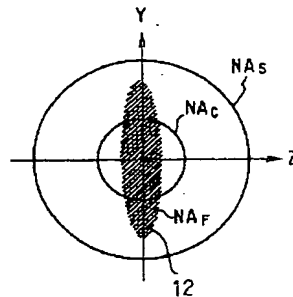
【図1】



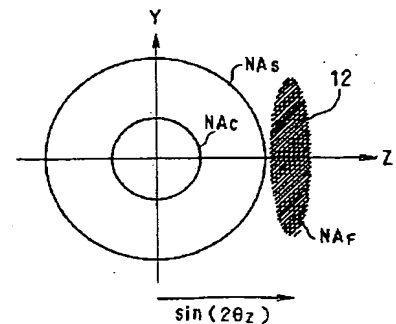
7: 楔形状分光フィルタ

8: 楔ガラス

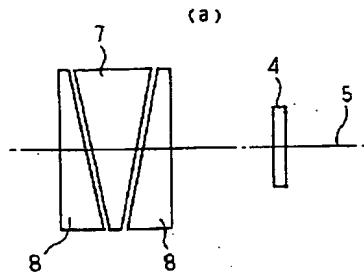
【図3】



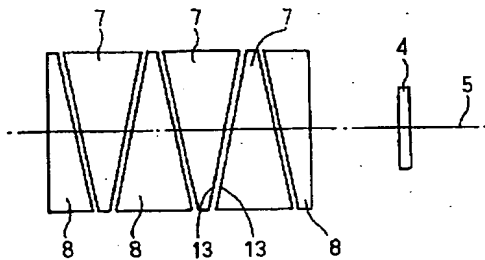
【図4】



【図 2】

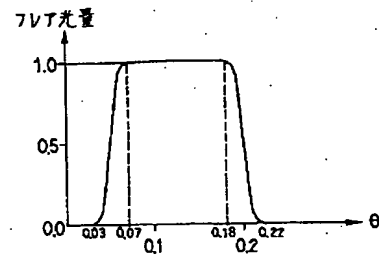


(b)

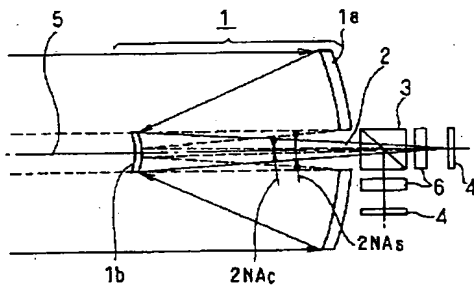


13: 反射波長帯域に共通範囲を持たない膜面

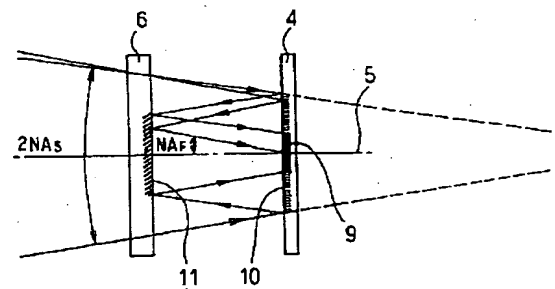
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (72)発明者 宮地 雄二
東京都港区浜松町一丁目29番6号 宇宙開
発事業団内
- (72)発明者 井上 浩一
東京都港区浜松町一丁目29番6号 宇宙開
発事業団内
- (72)発明者 浪川 敏之
東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株
式会社ニコン内

- (72)発明者 渋谷 真人
東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株
式会社ニコン内
- (72)発明者 進藤 修
鎌倉市上町屋325番地 三菱電機株式会社
鎌倉製作所内
- (72)発明者 門脇 隆
鎌倉市上町屋325番地 三菱電機株式会社
鎌倉製作所内